

Análisis de aumento del nivel del mar en Isla Colón, Bocas del Toro

Sea level rise analysis in Colon Island, Bocas del Toro

Stefano Ciniglio^{1,2}, Víctor Machado^{1,2}, Ruby Vallarino^{2,3}, Francisco Grajales Saavedra^{3*}

¹Grupo de Investigación en Hidrodinámica Costera (GIHC-UTP), Universidad Tecnológica de Panamá

²Licenciatura en Ingeniería Marítima Portuaria, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

³Grupo de Investigación en Geotecnia Aplicada, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

*Autor de correspondencia: francisco.grajales@utp.ac.pa

Resumen. El cambio climático genera afectaciones que amenazan la vida en el planeta como lo es el aumento del nivel del mar, situación que ha tomado un papel protagónico dentro de la preocupación mundial en los últimos años. Es por ello que organizaciones internacionales analizan estos impactos y generan planes para los tomadores de decisiones con miras a proteger la población. Panamá, al ser un país con costas en el océano Pacífico y mar Caribe, necesita la creación de mapas de inundación en zonas costeras, como la Isla Colón en la provincia de Bocas del Toro. Estos mapas son una herramienta para describir la magnitud y alcance del aumento del nivel del mar a una escala de tiempo en específico, encontrándose información valiosa en las proyecciones a los años 2050, 2080 y 2110. En este estudio se presentan mapas de inundación desarrollados con el programa Civil 3D, en el cual se utilizaron datos georreferenciados de Isla Colón suministrados por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG). Entre los resultados se detallan las zonas más afectadas y vulnerables ante el aumento del nivel del mar en la Isla en tres periodos. La percepción pública relacionada al aumento del nivel del mar se evaluó por medio de encuestas a 300 personas. De manera simultánea se buscó concientizar a la población acerca del cambio climático y la vulnerabilidad de zonas costeras ante el aumento del nivel del mar.

Palabras clave. Aumento del nivel del mar, cambio climático, mapa de inundación costera.

Abstract. Climate change generates effects that threaten life on the planet, such as the rise in sea level, a situation that has taken a leading role in global concern in recent years. That is why international organizations analyze these impacts and generate plans for decision makers with a view to protecting the population. Panama, being a country with coasts in the Pacific Ocean and the Caribbean Sea, needs the creation of flood maps in coastal areas, such as Isla Colón in the province of Bocas del Toro. These maps are a tool to describe the magnitude and scope of sea level rise on a specific time scale, finding valuable information in the projections for the years 2050, 2080 and 2110. In this study, flood maps developed with the Civil 3D program, which used georeferenced data from Isla Colón provided by the Tommy Guardia National Geographic Institute (IGNTG). Among the results, the areas most affected and vulnerable to the rise in sea level on the island are detailed in three periods. Public perception related to sea level rise was evaluated through surveys of 300 people. Simultaneously, it sought to raise awareness among the population about climate change and the vulnerability of coastal areas to rising sea levels.

Keywords. Sea level rise, climate change, coastal flood map.

1. Introducción

Durante los últimos años los efectos del cambio climático han sido experimentados en la mayoría de los países del mundo, las consecuencias abarcan problemáticas como el aumento en el nivel del mar a causa del deshielo de los polos. Los países centroamericanos son los más afectados por este fenómeno, especialmente Panamá que al limitar con el mar Caribe al norte y el océano Pacífico al sur, se encuentra frente a una gran vulnerabilidad antes todos estos cambios.

El riesgo por aumento del nivel del mar es particularmente elevado en países que se encuentran áreas de elevación baja e islas pequeñas, ya que habrá pérdida de superficie terrestre a causa de las inundaciones. Un factor preocupante es el hecho que aproximadamente 10 % de la población mundial reside a menos de 10 m sobre el nivel del mar [1], por lo que las afectaciones en estas zonas habitadas cerca de las costas ocasionarían que la población se vea forzada a migrar hacia zonas más altas u otros países.

Es importante destacar que en Panamá se han identificado algunas zonas vulnerables al ascenso del nivel del mar las cuales son: el Archipiélago de las Perlas y Guna Yala, los Golfos de Los Mosquitos, Costas de Bocas del Toro, San Miguel, Parita y Chiriquí; Punta Chame, Punta Mala, Boca Chica y las costas de Colón [2], siendo seleccionada el área de Isla Colón en la provincia de Bocas del Toro para el desarrollo de este estudio.

El objetivo principal de la investigación recae en la generación de mapas georreferenciados para la proyección de zonas inundables a 2050, 2080 y 2110, de forma que este material cartográfico pueda servir como referencia a los tomadores de decisiones en la creación de planes que permitan evitar o disminuir los daños producidos por estos fenómenos. Por otra parte, otro de los pilares del estudio constituyó en realizar un sondeo a través de una encuesta a los habitantes en el área de Isla Colón, con la finalidad de obtener información desde el punto de vista social y paralelamente involucrar a la población. Finalizado el proceso de encuestas, se logró un total de participación de 300 personas, obteniendo resultados significativos que mostraban el nivel de concientización de la población.

2. Cambio climático

El clima global está determinado por su masa total, su distancia respecto al sol y la composición de su atmósfera. De acuerdo con los dos primeros factores, se estima que la temperatura media de la Tierra sería de aproximadamente -18°C . Sin embargo, la temperatura media de la Tierra es 33°C más alta, es decir, alrededor de 15°C . Esto debido a la presencia en la atmósfera de pequeñas cantidades de vapor de agua (0 – 2 %), de CO_2 (0.03 a 0.04%), así como de muy pequeñas cantidades de otros gases que absorben parte de las radiaciones térmicas de la superficie terrestre e impiden que escapen hacia el espacio exterior, constituyendo así el efecto de invernadero natural del planeta. La variabilidad climática de la Tierra, por otra parte, está determinada por tres factores: la variación en la concentración de gases de invernadero, actividad solar y actividad volcánica [3].

El cambio climático es un fenómeno provocado por el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente el dióxido de carbono (CO_2) que está relacionado directa o indirectamente con actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y deforestación.

A partir de 1950 se han observado una serie de cambios en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos, lo cual ha traído como consecuencia zonas con una disminución en el número de días fríos e incremento en el número de días cálidos en la escala global. También es probable que la frecuencia de las olas de calor en Europa, Asia y Australia hayan aumentado. Los ciclos hidrológicos en algunas regiones también se han visto afectados, ya que los episodios de precipitación intensa

han aumentado, como también han disminuido (e.g. el aumento en la frecuencia de las precipitaciones en América del Norte y Europa) [4].

Entre otras de las consecuencias del cambio climático es importante destacar que entre 1983 y 2012 se experimentó el periodo más cálido en los últimos 1400 años. Así como también se han incrementado los fenómenos de (1) aumento de la temperatura media del planeta, (2) la energía en olas, (3) la intensidad de las tormentas, (4) aumento del nivel del mar provocando inundaciones, (5) disminución de la capa de nieve, (6) la acidificación oceánica, (7) el contenido calórico del océano, (8) el deshielo de los glaciares y (9) la pérdida de hielo de las capas de Groenlandia y la Antártida (figura 1).

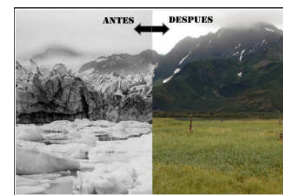


Figura 1. Cambio drástico en los glaciares de Alaska que se derriten y retroceden.

Fuente: USGS/CBS News.

Los efectos del cambio climático han generado también impactos directos sobre los seres humanos y animales, entre los que se destacan (1) la expansión del área de enfermedades infecciosas tropicales [5], (2) inundaciones de terrenos costeros y ciudades, (3) tormentas más intensas, (4) las extinciones de incontables especies de animales, (5) fracasos en cultivos en áreas vulnerables, (6) aumento de sequías [6]. Asociados a estos potenciales cambios, habrá grandes alteraciones en los ecosistemas globales. Trabajos científicos sugieren que los rangos de especies arbóreas podrán variar significativamente como resultado del cambio climático global.

De manera global, los efectos del cambio climático sobre los seres vivos [7], se pueden clasificar en cuatro categorías:

1. Fisiológicos (fotosíntesis, respiración, crecimiento).
2. Distribución geográfica (tendencia de algunas especies a desplazarse hacia mayores altitudes o hacia los polos)
3. Fenológicos (alteración de ciclo de vida por efecto de fotoperíodo, horas/frío, etc.).
4. Adaptación (cambios micro-evolutivos in situ).

2.1 América Latina ante el cambio climático

De acuerdo con algunos informes presentados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los efectos del cambio climático tendrán un fuerte impacto en América Latina y el Caribe, fenómenos como el incremento en la intensidad y frecuencia de huracanes en el Caribe, el aumento de los niveles de las riberas en Argentina y

Brasil, y la reducción de los glaciares en la Patagonia y los Andes, generan gran preocupación en la región.

Por otra parte, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) indica que las personas en condiciones de pobreza y desigualdad son las más vulnerables ante el cambio climático. Actualmente, el 60% de la población mundial habita en las costas, por lo que las medidas de gestión de riesgos y reducción de vulnerabilidad frente al cambio climático son fundamentales para la justicia ambiental y social. América Central y el Caribe experimentarán más tormentas y huracanes, por lo que se estima una pérdida de 1/3 parte de las playas caribeñas.

Las repercusiones del cambio climático afectarán a los sectores productivos y económicos, generando consecuencias como pérdidas de empleos en los países en vías de desarrollo. Estas pérdidas estarán vinculadas en gran medida a la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos y al aumento de temperatura en sectores de actividades como la agricultura (cambios en la disponibilidad del recurso hídrico), piscicultura y acuicultura (cambios en la distribución de especies de peces), turismo (cambios en la elevación del nivel del mar y aumento de temperatura en destinos costeros e insulares).

2.2 Efectos del cambio climático en el futuro

En la última década, varios modelos complejos de circulación general han intentado simular los cambios climáticos antropogénicos futuros, llegando a las siguientes conclusiones [8]:

- Un calentamiento global promedio, de entre 1,5°C y 4,5°C ocurrirá, siendo la mejor estimación 2,5 °C.
- La estratosfera se enfriará significativamente.
- El entibiamiento superficial será mayor en las altas latitudes en invierno, pero menores durante el verano.
- La precipitación global aumentará entre 3% y 15%.

Otra de las conclusiones que arrojan los modelos es un aumento en todo el año de las precipitaciones en las altas latitudes, mientras que algunas áreas tropicales experimentarán pequeñas disminuciones. Modelos más recientes dependientes del tiempo, que acoplan los componentes oceánicos y atmosféricos, han entregado estimaciones más confiables, los resultados más significativos indican:

- Un calentamiento global promedio de 0,3 °C por década, asumiendo políticas no intervencionistas.
- Una variabilidad natural de aproximadamente 0,3 °C en temperaturas aéreas superficiales globales, en una escala de décadas.
- Cambios en patrones regionales de temperatura y precipitaciones similares a los experimentos de equilibrio.

2.3 Aumento del nivel del mar

Una de las problemáticas más preocupantes consecuencia del cambio climático, es el aumento del nivel del mar. Diferentes registros obtenidos por sistemas de sondeo,

mareógrafos y mediciones por satélite muestran que el nivel medio del mar a aumentado entre 10 a 20 centímetros. Sin embargo, la tasa anual de aumento en los últimos 20 años ha sido de 3.2 milímetros, en una velocidad aproximadamente que dobla la media de los 80 años precedentes [9].

Esta aceleración en el aumento del nivel del mar, está ligada principalmente con el deshielo en Groenlandia y la Antártida, situación que tiene el potencial para duplicar la tasa de aumento en el año 2100 a más de 60 centímetros, en vez de 30 con respecto a las proyecciones realizadas a partir de una tasa constante [10].

Adicionalmente, durante el siglo pasado la quema de combustibles fósiles, y otras actividades humanas y naturales liberaron en la atmósfera enormes cantidades de gases de efecto invernadero, provocando que la temperatura de la superficie de la Tierra haya aumentado y que los océanos hayan absorbido alrededor de un 80 por ciento de este calor adicional.

La mayoría de las predicciones afirman que el calentamiento del planeta continuará y probablemente se acelerará. Es probable que el nivel de los océanos siga aumentando, pero es imposible predecir a qué velocidad con exactitud. Adicionalmente, los ecosistemas manglar son altamente vulnerables al incremento del nivel del mar, las investigaciones de algunos expertos en el tema plantean que es pertinente considerar el análisis de la capacidad de respuesta de estos ecotonos a los cambios en el incremento del nivel de agua marina [11].

2.4 Consecuencias e impactos a la vida humana

Los países con áreas bajas y pequeñas islas están preocupados que sus áreas de tierra se reduzcan debido a inundaciones, si consideramos que el 10% de la población mundial vive en zonas costeras a menos de 10m sobre el nivel del mar, los impactos provocados en estas zonas habitables costeras pueden obligar a la población a retirarse y cambiar a zonas más altas o migrar a otros países [12].

Los impactos potenciales del aumento del nivel del mar sobre las estructuras costeras, zonas potencialmente afectadas por las inundaciones extremas y la influencia de las mareas, incluyen:

- Daños a propiedad e infraestructura debido a inundaciones producto de tormentas.
- Estructuras de protección contra inundaciones y erosión costera (muros de contención, rompeolas, estructuras de control de playa, etc.).
- Infraestructura a gran escala en la costa (centrales eléctricas, carreteras, ferrocarriles, etc.) potencialmente impactada por la erosión.

Modelaciones del cambio climático futuro en diferentes escenarios indican que el nivel del mar seguirá aumentando durante las próximas décadas e incluso siglos como ya se ha mencionado anteriormente [4], [13]. Dentro de estas

modelaciones se reportan procesos de erosión costera en muchas áreas de las costas del mundo [14], pero no se tiene muy claro si esto se debe en mayor parte al aumento del nivel del mar relacionado con el clima [15] o a factores no climáticos locales tales como (1) hundimientos del suelo, (2) manejo costero, (3) uso del suelo y cambios en el uso de la tierra, (4) olas y corrientes, (5) déficit en el suministro de sedimentos o (6) la combinación de todos los factores [16].

De todas las consecuencias del cambio climático, el aumento del nivel medio del mar es probablemente la que muestra menores incertidumbres acerca de su probabilidad de ocurrencia durante las próximas décadas. Por ello, existen numerosas publicaciones que abordan el cálculo a escalas globales, regionales e incluso locales, de los efectos de dicho aumento sobre diferentes entornos naturales o antrópicos [17].

3. Situación en Panamá

La República de Panamá, como el resto de los países de la región, es altamente vulnerable al cambio climático, estas vulnerabilidades se deben a varios factores entre ellos: [18].

- Los 2,490 km de costa existentes en Panamá incrementan el riesgo ya que en su mayoría son áreas habitadas.
- La falta de capacidad humana e institucional para lidiar contra desastres naturales.
- Los altos índices de pobreza.

Los efectos del cambio climático amenazan el desarrollo de Panamá, sobre todo por tratarse de un país de importante territorio costero-marino. Los fenómenos climáticos tienen un impacto aún mayor sobre las poblaciones en vulnerabilidad social y comunidades rurales. Sin embargo, en Panamá no hay una política integral de adaptación al cambio climático, ni diagnósticos integrales que permitan proyectar escenarios de riesgo futuros.

Es necesario destacar que, en Panamá, ya se han identificado las zonas más vulnerables al ascenso del nivel del

mar las cuales son: el Archipiélago de las Perlas y Guna Yala, los Golfos de Los Mosquitos, San Miguel, Parita y Chiriquí; Punta Chame, Punta Mala, Boca Chica y las costas de Colón (ver figura 2) [19].

Una de las áreas vulnerables ya mencionadas del atlántico de Panamá es la comarca Guna Yala en donde los nativos de la Isla Cangrejo serán el primer pueblo indígena del mundo en abandonar sus tierras por el cambio climático [20]. Así como esta isla, hay muchos pobladores de otras islas que están en la lucha contra el mar y como solución han optado por arrancar el coral de los arrecifes para crear diques naturales en un esfuerzo por salvar sus costas, lo cual es otro daño al ecosistema y esto se debe a la desinformación que existe en Panamá, por tal causa es de suma importancia estas investigaciones para tratar de mitigarlas.

Otra de las áreas vulnerables ante el aumento del nivel del mar es la Provincia de Bocas del Toro, tiene una superficie de 4543,9 km² [21], y se encuentra en la costa norte del caribe panameño, contiene algunos de los bosques lluviosos más extensos en Centroamérica y cuenta con 9 islas principales, 52 cayos y miles de islotes. Es hogar de unos de los Sitios de Patrimonio Mundial del UNESCO y el primer parque marino de Panamá. Su clima es predominantemente húmedo, con lluvias todo el año.

Dentro del archipiélago de esta provincia se encuentra la Isla Colón siendo la isla más poblada y es la cabecera de la provincia [22]. Isla Colón cuenta con sitios de importancia a la hora de la preservación de la historia como por ejemplo en la icónica Calle Tercera, aún figuran elementos estructurales de gran valor histórico, como el edificio de la Gobernación (1907) y el histórico Parque Bolívar. Otros, han sido preservados de la debacle, gracias a la oportuna intervención de individuos como Tito Thomas (Residente de la Zona), quien tuvo la visión de preservar la histórica sede de la United Fruit Company (1905) y convertirla en el famoso Hotel Bahía.



Figura 2. Estudios de vulnerabilidad en Panamá sectorizado ante el ministerio de ambiente (MiAmbiente).
Fuente: Primera comunicación sobre el cambio climático-A.

4. Desarrollo de mapas de inundaciones en Isla Colón

La República de Panamá cuenta con una rica zona costera que en su mayoría se encuentra muy poblada. Estas zonas presentan una alta vulnerabilidad ante los cambios del nivel del mar, ya que al estar pobladas las consecuencias como pérdida de vidas humanas y materiales, incluyendo las viviendas, negocios, estructuras históricas entre otros marcarían un precedente en el desarrollo de dichas zonas. Por esta razón se ha escogido como área de estudio la zona de Isla Colón en Bocas del Toro, ya que estar localizada en las costas de la provincia de Bocas del Toro constituye una de las áreas más vulnerables en el atlántico del país.

Para la elaboración de esta investigación fue necesaria información georreferenciada de la zona a estudiar. Para esto se obtuvieron los siguientes mosaicos, el 3744 II-SW y 3744 III-SE (ver figuras 3 y 4) de Isla Colón en formato DWG con escala 1:25,000 en el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia que realiza actividades en geografía, cartografía y ciencias afines, para proveer información de utilidad en los proyectos de desarrollo socioeconómico del país.

Los Mapas georreferenciados de Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia en formato DWG cuentan con diferentes capas de información de las cuales se pueden mencionar vegetación, relieve, poblados, límites administrativos, límites hidrográficos y caminos de Isla Colón. Luego de obtener ambos mosaicos en DWG se unieron mediante el programa civil 3D para crear así un solo mosaico consecutivo.

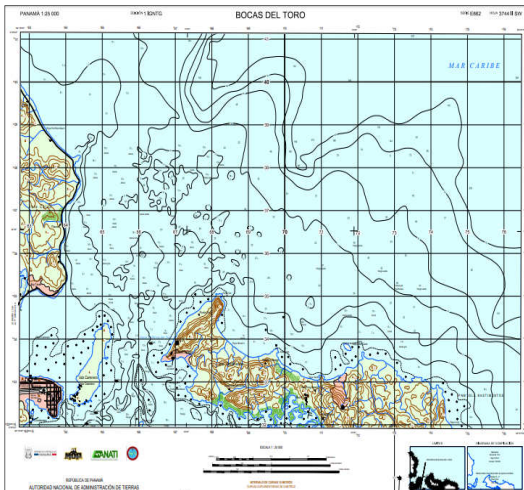


Figura 3. Mapa 3744 II-SW.
Fuente: ANATI / Tommy Guardia Web / 2018.

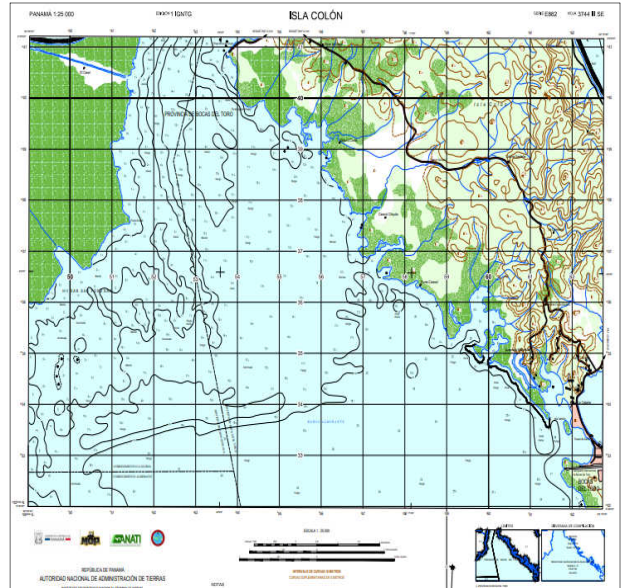


Figura 4. Mapa 3744 II-SW.
Fuente: ANATI / Tommy Guardia Web / 2018.

Una vez hecho esto, se determinó con ayuda de la información de las capas cual debía estar activa y cuales debían ser eliminadas, ya que en este caso se centró el análisis solo en las curvas de nivel generadas en la parte de tierra de la isla por ende las curvas de nivel del mar se borraron o se apagaron en la vista general del mosaico. Adicional a esto, otras capas dentro del mosaico que debieron ser apagadas fueron las curvas de nivel subterráneas o ríos que se encuentran en el interior de la isla.

4.1 Proyección al año 2050

Para desarrollar esta etapa fue necesaria la variación en el aumento del nivel del mar en la zona de estudio por año, que según la información obtenida por la NASA (NASA's Jet Propulsion Laboratory, 2019) la variación es de 3.3 mm por año, por lo que la predicción para el 2050 es de 10 cm aproximadamente.

Una vez con esta información, fue calibrado el mapa para que se mostrara las interpolaciones cada 0.10 m, luego de esto ya se podría generar la superficie.

Teniendo en cuenta que sería inundado una sección con una altura de 0.10 m fueron tomados en consideración 2 mapas distintos para fusionarlos y representar la sección inundada. Primero fue tomado el mapa con la superficie generada a cada 0.10 metros y otro mapa con las curvas originales y se referenciaron ambos mapas para unirlos y representar la superficie inundada como se puede ver en las figuras 5 y 6.

Toda la superficie azul es el resultado del incremento de 0.10 m del mar al año 2050, es decir que toda la parte costera de la isla de sur a norte se verán afectados en gran medida y así su población costera deberá tomar medidas de desplazamientos a zonas más altas. Zonas más afectadas por este aumento al año 2050: (1) Playa Boca del Drago, (2) Playa Estrella, (3) Zona Hotelera Bocas villas, (4) Instituto de Investigaciones tropicales Smithsonian, (5) Playa Tortuga, (6) Playa Bluff.

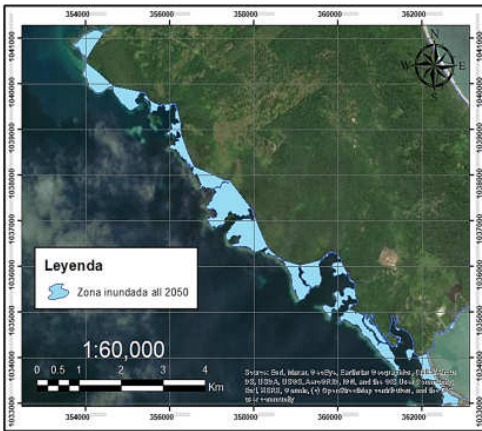


Figura 5. Zona Norte de Isla Colón inundada a 0.10 m para el año 2050. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Efecto del aumento del nivel del mar en la parte de la ciudad de Isla Colón. Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, específicamente en la zona más poblada de la isla se presenta otro escenario, como se puede observar, el impacto en esta parte de la isla será más significativo ya que aparte de afectar las zonas hoteleras, también afecta las zonas residenciales de la isla entre otros.

Algunas de las zonas donde será más evidente dicho impacto serán:

1. Hoteles como Selina, Tropical Suites, barco hundido, hotel bocas Town.
2. Cercanías al aeropuerto Internacional José Ezequiel Hall.
3. Muelle Bocas Marina.

4.2 Proyección al año 2080

Para esta etapa se utilizó el mapa explotado a 0.10 m cada curva de nivel y a partir de allí se procedió a calcular el aumento para el año 2080 que según la predicción de la NASA (NASA's Jet Propulsion Laboratory, 2019) es de 3.3 mm por año, de esta manera el cálculo sería una aproximación de 0.20m de aumento del mar para dicho año.

Luego que se obtuvo la medida de elevación del mar, se procedió a seleccionar las curvas de nivel que se verán afectas por dicho aumento y se trasladó a otra ventana de dibujo en Civil 3D para trabajarla.

La zona oeste como se muestra en la figura 8 es la más afectada y según la predicción para el año 2080 estará más perjudicada, ya que para el año 2050 se impacta la zona costera y se aproximan a las áreas residenciales, pero para la modelación del 2080 será afectada más tierra firme y con ello playas, hoteles, residencias y plantaciones, así como reservas forestales que abarcan gran parte de la isla.

En la figura 7 se aprecia, como la superficie cubierta afectará toda la zona hotelera actual de la isla, así como parte del aeropuerto internacional de la isla, la proyección para el 2080 muestra una inundación no uniforme, ya que la isla cuenta con elevaciones variantes en todos sus puntos por lo que perderá mucha parte de tierra.

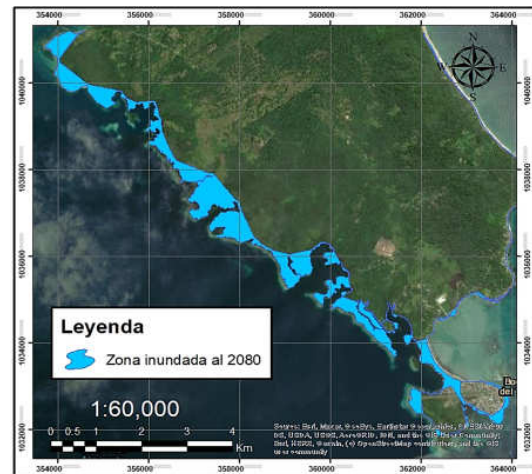


Figura 7. Impacto en la zona oeste de Isla Colón por el A.N.M al año 2080. Proyección de zona inundada ciudad de Isla Colón al año 2080 Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Impacto en la zona oeste de Isla Colón por el A.N.M al año 2080. Proyección de zona inundada ciudad de Isla Colón al año 2080. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Modelación para el 2110

Como en la proyección anterior del año 2080, en esta proyección se utilizó el mapa explotado a 0.10 m cada curva de nivel y a partir de allí se procedió a calcular el aumento para el año 2110 que según la predicción de la NASA (NASA's Jet Propulsion Laboratory, 2019) es de 3.3 mm por año, de esta manera el cálculo sería una aproximación de 0.30 m de aumento del mar para dicho año.



Figura 9. Proyección de zona inundada ciudad de Isla Colón al año 2110. Fuente: Elaboración propia.

Un área gravemente afectada para esta modelación al año 2110, es la zona estrecha que conecta el área sur con el norte de la isla (ver figura 9), esta corta brecha de tierra forma parte de la carretera que une la ciudad de Isla Colón con las demás playas y zonas de la isla. Este estrecho solo tiene aproximadamente 1 metro de elevación con respecto al nivel medio del mar, por ende, al tener en cuenta que para el año 2110 el aumento será de 0.30 m, esta zona quedara prácticamente cubierta de agua, impactando así la comunicación terrestre de la isla y a la vez influyendo de manera negativa en la economía de la isla es decir el turismo.

5. Encuesta de percepción social

Para la realizar el proceso de encuesta se recorrieron zonas aledañas al Parque Simón Bolívar, ya que toda esta se encuentra habitada por diversas familias, así como de locales comerciales ya que es una de las calles principales de la isla; por ende, se pudo realizar gran parte de las encuestas en esta zona.

Durante el recorrido se pudo abarcar casi todas las principales calles y avenidas de la isla para la realización de este estudio, por otra parte, existen algunas zonas de la isla que no son habitables por lo que no se visitó las mismas.

A continuación, se detalla un mapa generado en Google Earth con los puntos de ubicación donde se estuvo realizando el proceso de encuestas (ver figura 10): los puntos en azul representan el primer día de aplicación de la encuesta, seguidamente los puntos rojos representan el segundo día y los puntos negros representan el tercer día. Adicionalmente, el logo de la persona sola significa el punto de partida y el logo de 2 personas equivale el punto de culminación.



Figura 10. Principales encuestados en Isla Colón. Fuente: Elaboración propia mediante Google Maps.

5.1 Discusión de los resultados de la encuesta

La realización de esta encuesta tuvo como objetivo principal aplicar un proceso interrogativo a los ciudadanos de Isla Colón, para conocer así las percepciones del impacto del aumento del nivel del mar en la isla y sus posibles repercusiones. Adicional a esto, con esta información obtenida lograr ponderar el nivel de concienciación con que constan las personas en la isla.

Estas encuestas fueron realizadas en Isla Colón, Bocas del Toro teniendo, se recolectó un total de 300 opiniones, lo cual corresponde a una muestra con 92% de confianza y 5% de error. Los parámetros que fueron tomados en cuenta a la hora de realizar las preguntas fueron:

- Desarrollar cuestionamientos simples de carácter social que inicialmente dieran confianza al encuestado de dar una respuesta coherente y también se permitió evaluar ese sentir de responsabilidad con el lugar donde viven.
- Limitar la edad de los encuestados, es decir, se tomaron en consideración solo a personas mayores de 18 años, ya que los resultados podrían ser más certeros por el nivel de razonamiento.

En si la encuesta se desarrolló para que la persona encuestada diera a conocer su entorno y su pensar en algunas situaciones sugeridas por el estudio.

Inicialmente, dentro del estudio, se tomaron en cuenta algunas interrogantes que no debían ser contestadas por el encuestado, sino que eran de percepción visual, como, por ejemplo, el estado actual de su vivienda; y otros que, si debían ser respondidos como su nivel de educación, su situación laboral actual, cuantificar las personas adultas y menores que residen en el mismo hogar, etc. Todo esto, para tener una perspectiva más completa de cada encuestado.

Para efectos de lograr asignar una evaluación numérica y de esta forma realizar una ponderación de la percepción social sobre el tema en estudio, se utilizaron una serie de criterios, los cuales se encuentran detallados en la tabla 1. Es importante destacar que en este artículo se presentan solamente las preguntas que tenían significancia para efectos de evaluar la percepción social del tema. Durante la encuesta fue bastante común que los habitantes se extendieran comentando y preguntando sobre sus experiencias vividas.

La muestra analizada parece indicar que los encuestados en un rango de edad de 37 a 56 años conocen sobre el aumento del nivel del mar, en tanto que la población joven se encuentra menos informada acerca del tema (figura 11).

Tabla 1. Escala utilizada para ponderación de resultados de la encuesta

	1 (Percepción baja)	2 (Percepción media)	3 (Percepción alta)
¿Ha notado aumento del nivel del mar en los últimos años?	Tienen conocimiento nulo de que sería el aumento del nivel del mar.	Han escuchado sobre el aumento del nivel del mar	Conocen información. Pueden identificar variaciones en nivel del mar con respecto a años anteriores
¿Qué causas considera usted pueden provocar que las inundaciones por lluvias sean más intensas?	No identifica posibles causas	Piensen que el aumento de las inundaciones es una consecuencia exclusiva de actividades antrópicas en la isla.	Consideran que, en adición a las actividades antrópicas, el aumento del nivel del mar está incidiendo en las inundaciones de la Isla Colón
¿Tiene usted conocimiento de las áreas que se inundan en la comunidad?	Desconoce sobre áreas inundables y no manifiesta interés al respecto.	Están al tanto de los riesgos de inundación, pero desconocen áreas afectadas.	Les preocupa las consecuencias de la inundación y están informados al respecto.
¿Considera posible que en el futuro usted y su familia puedan ser afectados por alguna inundación intensa?	No identifica posibles afectaciones debido a inundaciones y resta importancia al tema.	Identifica posibles afectaciones que puedan suceder debido a inundaciones. No manifiesta interés en medidas de mitigación	Altamente conscientes de los riesgos existentes de las inundaciones, de las causas de estos y manifiesta preocupación por encontrar medidas de mitigación.
¿Considera que ante la ocurrencia de un evento de esta naturaleza usted y su familia deberían evacuarse?	Niegan que el aumento del nivel del mar produzca un evento de este tipo y no conocen las consecuencias graves.	Conocen los riesgos de las inundaciones, pero no toman esta acción (evacuar) como pertinente.	Personas conscientes del peligro ante una inundación, saben que deben evacuar en caso de emergencia.
¿Conoce de los planes de prevención de desastres aplicados en la comunidad?	No se familiarizan con el tema por lo que no le dan atención al mismo.	Están de acuerdo de que necesitan prevenir los desastres mas no están informados de cómo.	Admiten conocer planes de prevención y no están seguro si son aplicados en su comunidad.

De las personas familiarizadas con el aumento del nivel las edades de 27 a 56 años son las mas informadas del tema.

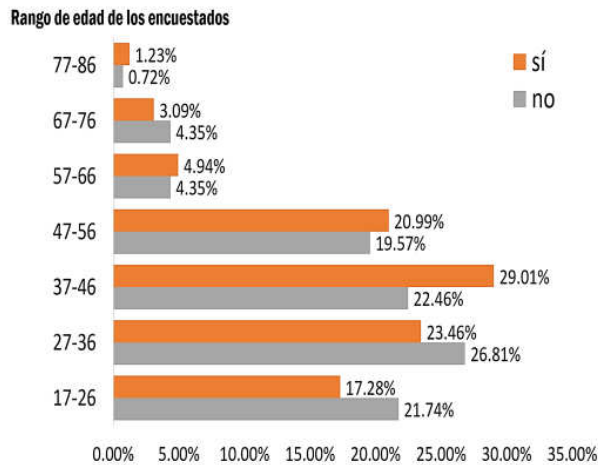


Figura 11. Percepción del aumento del nivel del mar por rango de edad.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 12 muestra las respuestas de los encuestados ante la pregunta de si han experimentado u observado evidencias de aumento del nivel del mar en los últimos años. Se observa que solamente un 38.33 % de la muestra logra identificar los efectos producidos por aumento del nivel del mar. Por otra parte, en la figura 16 sobre la percepción de perdida de playa, un 53.67% de los encuestados considera que en 10 años el mar cubrirá las playas de la comunidad.

¿Ha notado aumento del nivel del mar en los últimos años?

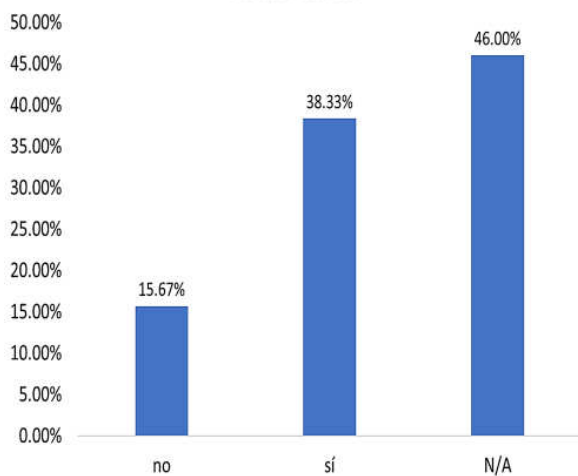


Figura 12. Percepción del aumento del nivel del mar por rango de edad.
Fuente: Elaboración propia.

¿Cuánto crees que tarde el aumento del nivel del mar en cubrir las principales playas de la comunidad?

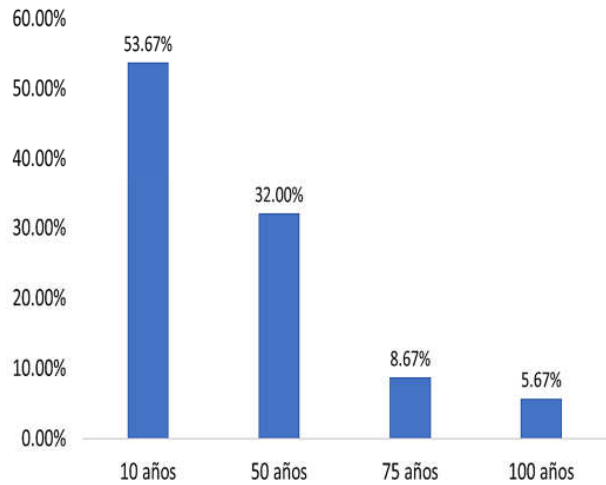


Figura 13. Percepción del tiempo de pérdida de playas.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se muestran todas las preguntas que se utilizaron y fueron incluidas en el estudio interrogativo realizado en Isla Colón. Se utilizó la ponderación de 1 al 3, donde 1 representa falta de interés al tema, 2 representa concienciación moderada y 3 concienciación completa.

Este promedio da como resultado que la población tienen una concienciación media alta.

Tabla 2. Resultados de la ponderación de percepción

Pregunta:	Ponderación
¿Ha notado aumento del nivel del mar en los últimos años?	1
¿Qué causas considera usted pueden provocar que las inundaciones por lluvias sean más intensas?	3
¿Tiene usted conocimiento de las áreas que se inundan en la comunidad?	3
¿Considera posible que en el futuro usted y su familia puedan ser afectados por alguna inundación intensa?	3
¿Considera que ante la ocurrencia de un evento de esta naturaleza usted y su familia deberían evacuarse?	3
¿Conoce de los planes de prevención de desastres aplicados en la comunidad?	2
Valor promedio:	2.5
Percepción de la muestra:	Media Alta

6. Conclusiones

Dentro del estudio se realizó la confección de mapas de inundación con respecto al aumento del nivel del mar en Isla Colón para cada 30 años, es decir para el año 2050, 2080 y 2110 en lo que se obtuvo como resultado (basado en datos proyectados de aumento por año) las zonas más vulnerables a cada periodo de tiempo: Playa Boca del Drago, Playa Estrella, Playa Tortuga, zona oeste de la isla, zona hotelera en la costa sur de la isla, muelle Bocas Marina, parte del aeropuerto internacional y una franja de terreno que une la ciudad de Isla Colón con el lado norte de la isla.

Los mapas elaborados pueden ser utilizados como elementos para la toma de decisiones preliminares y la elaboración de planes de mitigación, sin embargo, resulta recomendable la realización de estudios a mayor profundidad, en los cuales se cuente con el financiamiento para realizar batimetrías y evaluar no solamente el tema de aumento del nivel del mar, sino también la degradación de la costa a través del tiempo.

En base a los resultados presentados en mapas, es posible indicar que la zona de mayor riesgo es el área urbana (zona oeste) de Isla Colón. Esto obedece a que la zona está casi en su totalidad a nivel del mar.

Basado en los resultados del análisis de encuestas realizadas, se puede concluir que la población desconoce sobre el tema del aumento del nivel del mar, sin embargo, si son conscientes de que existen riesgos de inundaciones. Se considera pertinente el establecimiento de planes de docencia, mediante los cuales la población pueda ser informada sobre el fenómeno y las posibles alternativas de mitigación existentes. Para estudios futuros, se recomienda la consecución de financiamiento, de modo que se pueda realizar un muestreo representativo adecuado no solamente en Isla Colón, sino en otras localidades de la provincia que también son propensas a inundaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Luis Muñoz y al Ing. Manuel Castellero, por el apoyo brindado a esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] ONU Mexico, "Las personas y los océanos," 2017. [Online]. Available: <http://www.onu.org.mx/las-personas-y-los-ocanos/>.

- [2] ANAM, "Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación," in *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*, ANAM, Ed. Panama, 2000, pp. 84–123.
- [3] M. González Elizondo, E. Jurado Ybarra, S. González Elizondo, Ó. Aguirre Calderón, J. Jiménez Pérez, and J. Nívar Cháidez, "Cambio climático mundial: origen y consecuencias," *Cienc.UANL*, vol. 6, no. 3, pp. 377–386, 2003.
- [4] Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, *Effects of antimalarial drugs on movement of Plasmodium falciparum*, vol. 43, no. 1, 2013.
- [5] D. Becker, "Global Warming Central: Debate number three.," 1997.
- [6] D. A. Lashof, B. J. DeAngelo, S. R. Saleska, and J. Harte, "Terrestrial ecosystem feedbacks to global climate change," *Annu. Rev. Energy Environ.*, vol. 22, no. 1, pp. 75–118, 1997, doi: 10.1146/annurev.energy.22.1.75.
- [7] L. Hughes, "Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent?," *Trends Ecol. Evol.*, vol. 15, no. 2, pp. 56–61, 2000, doi: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4.
- [8] G. Mogens and R. Barra, "El cambio climático global," *Univ. Concepción, Cent. Eula-Chile*, vol. 77, no. 9, 1997.
- [9] National Geographic, "Causas del calentamiento global | National Geographic," 2010.
- [10] CNN and B. Miller, "Observaciones satelitales revelan que el nivel del mar sigue subiendo y a una velocidad acelerada | CNN," *CNN*, 2018.
- [11] M. D. L. Olivo, E. Letherny, C. P. Ramos, and M. Sosa, "PÉRDIDAS DE TIERRA EN LA COSTA VENEZOLANA DEBIDO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR," *Asoc. Interciencia Caracas, Venez.*, vol. 26, no. 10, 2001.
- [12] G. McGranahan, D. Balk, and B. Anderson, "The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones," *Environ. Urban.*, vol. 19, no. 1, pp. 17–37, 2007, doi: 10.1177/0956247807076960.
- [13] J. A. Church *et al.*, "Sea-Level Rise by 2100," vol. 342, no. December, pp. 1445–1447, 2013.
- [14] E. C. F. Bird, "The modern prevalence of beach erosion," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 18, no. 4, pp. 151–157, 1987, doi: [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(87\)90238-4](https://doi.org/10.1016/0025-326X(87)90238-4).
- [15] P. Vellinga and S. P. Leatherman, "Sea level rise, consequences and policies," *Clim. Change*, vol. 15, no. 1–2, pp. 175–189, 1989, doi: 10.1007/BF00138851.
- [16] E. C. F. Bird, "Coastal Erosion and Rising Sea-Level," 1996, pp. 87–103.
- [17] P. Fraile Jurado and J. Ojeda Zújar, "Evaluación de la peligrosidad asociada al aumento de la superficie inundable por la subida del nivel medio del mar en la costa entre Cádiz y Tarifa," *GeoFocus*, vol. 12, pp. 329–348, 2012.
- [18] ANAM, "Segunda Comunicación Nacional ante la convención, Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.," Panama City, 2011.
- [19] MiAmbiente, "El cambio climático," Panama, 2012.

- [20] BBC News and L. Pressly, “El plan de fuga de los indígenas para escapar de sus islas paradisíacas antes de que desaparezcan bajo el mar en Panamá - BBC News Mundo,” 2017.
- [21] Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Superficie, población y densidad de población en la república, según provincia, comarca indígena, distrito y corregimiento- censo 2010.,” 2010.
- [22] G. Budowski, *Memorias del seminario internacional de ecoturismo: políticas locales para oportunidades globales*. 2001.